應用嫁接根砧生產設施番茄

王三太[1] 許秀惠[2,3]

摘要

番茄是世界性作物，全球栽培面積依據 FAO 統計，2014 年達到 476 萬公頃，茄科蔬菜僅次於馬鈴薯 (1920 萬公頃)，高過辣 (甜) 椒 (392 萬公頃) 與茄子 (187 萬公頃)。設施番茄栽培在溫帶地區可有效維持適合生長與結果溫度，達到終年栽培，減少細菌性斑點病、青枯病、晚疫病、葉黴病等病害。設施栽培番茄通常採用養液與土耕栽培，而養液栽培為提高產量與增加果實大小會採嫁接方式；歐洲為提高番茄甜度與風味，會在養液中加入鹽，但加入鹽，會降低產量，而嫁接適當根砧品種可以提高耐鹽性與產量。溫帶地區設施中採用土耕栽培會有黃萎病 (Verticillium wilt)、萎凋病 (Fusarium wilt)，根瘤線蟲、白絹病等問題，若嫁接適當番茄根砧，可以克服。日本的研究發現嫁接時要特別注意根砧與接穗對菸草嵌紋病毒病 (TMV) 的抗性必需一致，否則會有系統性壞疽問題，且嫁接不同的根砧，可能影響黃化捲葉病毒病 (TYLCV) 的抗性。台灣與歐美、日本不同的是我們少發生黃萎病與萎凋病的問題，但青枯病是台灣與熱帶、亞熱帶地區生產番茄的共同且重要的限制因子，歐洲的番茄根砧品種不抗青枯病，日本雖有抗青枯病的番茄根砧，但抗性不如茄子根砧，台灣採用嫁接 ‘EG203’茄子根砧來解決番茄不抗青枯病與不耐淹水的問題，鳳山熱帶園藝試驗分所育成 ‘鳳試雜交根砧 3 號’茄子根砧嫁接番茄，不僅在露天栽培抗青枯病、耐淹水，且在設施內較 ‘EG203’平均增產 20%。2016 年已專屬授權國內業者，2017 年開始推廣應用。

關鍵詞：番茄、青枯病、根砧、育種。

前言

番茄是世界性作物，全球栽培面積依據 FAO 統計，2014 年達到 476 萬公頃，茄科蔬菜僅次於馬鈴薯 (1920 萬公頃)，高於辣 (甜) 椒 (392 萬公頃) 與茄子 (187

1. 行政院農委會鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系研究員兼系主任。台灣 高雄市。
2. 行政院農委會鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系研究員兼系主任。台灣 高雄市。
3. 通訊作者，電子郵件：shhseu@fthes-tari.gov.tw；電話：(07)7310191 轉 301。

萬公頃)。依據 2004 年報告，設施栽培包括大型塑膠布溫室、小型塑膠布，隧道棚與玻璃溫室三種，設施栽培面積已達到 161 萬公頃，全球有 68 萬 7 千公頃是大型塑膠布溫室，88 萬 6 千公頃小型隧道溫室與約僅有 3 萬 9 千公頃玻璃溫室，其中最大栽培面積在亞洲，又以中國的塑膠布溫室的 38 萬公頃占全世界塑膠布溫室 55%最多，而小型塑膠布隧道棚，中國有 60 萬公頃，占全世界的 75%，亦是最多，依據 2004 年報告，亞洲除中國外，日本的 5 萬 1 千公頃與南韓 4 萬 4 公頃塑膠布溫室較多，歐洲則以義大利的 6 萬 2 千公頃與西班牙 4 萬 6 千公頃的塑膠布溫室較多；小型隧道棚除中國外，日本的 5 萬 4 千公頃，土耳其 2 萬 7 千公頃，法國 2 萬公頃，意大利 1 萬 9 千公頃，埃及 1 萬 8 千公頃與西班牙 1 萬 5 千公頃較多。而玻璃溫室則以荷蘭 1 萬 1 千公頃最多，意大利 6 千頃，西班牙與土耳其皆 5 千公頃 (Peet &Welles 2005)。世界溫室蔬菜栽培面積，至 2015 年的估算，約 47 萬 3 千公頃 (http://www.hortidaily.com/article/23258/Global-greenhouse-vegetable-area-increased-14-procent-over-2015)，世界設施番茄栽培面積並沒有確切數據，但美國溫室番茄已增加至 1 萬公頃,每公頃產量由露天的 50 噸改為溫室而增加至 250–600 噸。而墨西哥因為戶外每公頃 50 噸，改為溫室而提高至 400 噸，顯示番茄栽培已漸漸由露天改為溫室種植，因此溫室面積逐年增加(http://www.cropscience.bayer.com./en)。

嫁接番茄根砧-溫帶的故事

果菜類蔬菜以嫁接方式克服土壤病害，最早是在亞洲應用 (Lee *et al*. 2010)，90 年代推廣至歐洲，目前在亞洲、歐洲、中東、北非、中美皆有採用嫁接方式栽培果菜類蔬菜，90 年代日本有 60%，韓國有 81%採用嫁接，日本有 5 億苗嫁接，而其中番茄採用嫁接比例,依序為摩洛哥 (75%)、荷蘭 (50%)、日本 (48%)、土耳其 (25%)、韓國 (15%)、以色列 (15%)、希臘 (2–3%)，嫁接的栽培面積依序為西班牙 (4500 公頃)、法國 (2800 公頃)、義大利 (1200 公頃)、塞普路斯 (170 公頃)。(Yassia & Hsussen 2015)。瑞士番茄嫁接苗使用普通，甚至家庭園藝也用，幾乎 100%嫁接；荷蘭主要用嫁接的作物為番茄與茄子，估計約 2 千 5 百萬株 (Michel *et al*. 2015)。

目前歐洲番茄根砧品種使用最多的為‘Maxifort’ (De Ruiter Seeds),除此之外尚有‘Eldorado’ (Enza Zaden)、‘Beaufort’ (De Ruiter Seeds)、‘Big Power’ (Rijk Zwaan)，但嫁接的單價較未嫁接貴 50–100%，所以通常採雙幹整枝栽培 (Peet & Welles

2005)。其他在歐洲使用的番茄根砧包括‘He-Man’、‘Unifort’、‘Natalya’、‘Spirit’等品種，其中 *Solanum lycoperscium* x *S. hirsutum* 的種間雜交包括‘Beaufort’與‘He-Man’。

嫁接番茄根砧後對番茄的優點如下：

一、提高產量

日本次世代設施園藝檢討專門委會委員長 Higashide 檢討日本設施番茄與荷蘭設施番茄的產量差異，荷蘭由 80 年代的每年每平方公尺 30 公斤進步到 2005 年為 60 公斤，日本則維持 30 公斤未進步，主要原因有兩部分，日本重視可溶性固形物，而可溶性固形物與產量為負相關 (Higashide *et al*. 2012)；另一個為使用根砧的差異，日本人桃太郎品種‘Momotaro York’與荷蘭品種‘Gourmet’嫁接在荷蘭根砧‘Maxifort’與日本根砧‘Spike 23’，結果荷蘭根砧‘Maxifort’在兩個接穗品種皆表現較高產量(Higashide *et al*. 2014)。

土耳其的研究人員將 3 個品種番茄嫁接在‘Beaufort’ 與 ‘Arnold’兩種根砧，結果嫁接較未嫁接有較大果實與較高產量，‘Beaufort’較‘Arnold’平均值高，但差異不顯著，‘Beaufort’較未嫁接在 3 種番茄分別增加果重 36%、25%與 37%，產量則增加 50%、11%與 20%，增產效果明顯 (Turhan *et al*. 2011)。

二、提高耐鹽性

歐洲設施番茄為提高甜度與酸度，常在養液中放入氯化鈉，提高電導度(EC)，進而提高風味，以‘Danlela’番茄品種為例，EC2 時，可溶性固形物含量約 4.8，EC6 時提高至約 6.3，EC9 時，提高至 8.0，但每增加 1 個 EC (ds/m)，產量減少 10.5% (Cuartero & Fernández-Muñoz 1999)。將番茄‘Big Dena’嫁接在根砧品種‘Maxifort’來比較嫁接與未嫁接在不同電導度 EC (ds/m)的產量，結果無論嫁接與否，皆隨 EC 提高而降低，但嫁接較未嫁接在不同 EC 皆表現較高產量，而未嫁接 EC(ds/m)1.2 的產量與嫁接 EC(ds/m)8.4 的產量相當，顯示嫁接可提高耐鹽性 (Semiz & Suarez 2015)。西班牙的學者以番茄品種‘Moneymaker’為接穗嫁接自根，高甜度根砧‘UC82B’，與耐鹽根砧‘Pera’與 ‘Radja’，以加入 0、25 與 50 Mm 的氯化鈉的養液評估，結果 50mM 氯化鈉，自根嫁接與嫁接‘UC82B’的每株產量約 2500 公克，而耐鹽根砧‘Pera’與‘Radja’則分別約有 3500 與 3200 公克產量，但在可溶性固形物，嫁接自根苗與‘Pera’約 8.3°Brix，而嫁接‘UC82B’與‘Radja’則約有 10°與 9.6°Brix，顯然增加甜度效果明顯，所以透過根砧的選擇，可以兼顧耐鹽性與甜度，

而產量的減少在可接受範圍 (Flores *et al*. 2010)。耐鹽番茄根砧可以提高耐鹽性，主要是減少影響生長的氯與鈉離子至葉片的累積 (Estan *et al*. 2005)。

三、提高耐熱性

以耐熱番茄根砧‘RX-335’嫁接‘Tmknvf2’，比較嫁接與未嫁接在 25℃與 35℃生長情形，結果在 25℃嫁接與未嫁接單株乾物重無差異，但在 35℃嫁接平均乾物重 12.7 公克，高於未嫁接 5.5 公克，所以嫁接適合根砧，有助於提高耐熱性 (Rivero *et al*. 2003)。

四、提高抗病性

歐洲從 2005 年 1 月 1 日禁止土壤燻蒸劑溴化甲烷的使用，其他土壤燻蒸劑也作某一種程度限制，例如邁隆 (Dazomet) 與斯美地 (metham) 限制在同一田三年才能使用 1 次，而且必需報備核准，所以應用抗病根砧來減少土壤病害，變成重要選項，目前針對的土壤病害，包括 Fusarium 真菌引起的萎凋病 (*F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, FOL) 生理小種 2 及生理小種 1，萎凋病 (*F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, FORL)，立枯病 (*Rhizcotonia solani*)，Verticillium 真菌引起的黃萎病(*Verticillium dahliae*) 等，主要抗病根砧品種針對病害在 15 天與 30 天抗性如表 1 所示，其中只有 ‘Maxfort’在 15 天與 30 天抗性苗期對萎凋病生理小種 1 與 2 有抗性，其餘皆是 30 天苗才有抗性 (Colla *et al*., 2012)。

日本利用根砧的歷史很早，日本與韓國為全世界最早利用根砧嫁接栽培的國家(Lee *et al*. 2010)。番茄的根砧主要針對兩種不同生態造成的土壤病害，一種是高溫期容易發生的細菌性病害-青枯病，另一種為涼溫期容易發生的真菌病害-由 *Colletotrichum coccodes* 引起的根褐腐病 (brown root rot)，主要番茄根砧品種對土壤病害抗性如表 2 (Yamakawa 1982)。日本人注意到根砧與接穗對菸草嵌紋病毒 TMV 抗感性不一致，可能導致嫁接後接穗抗病無效，抗感病根砧接穗組合如表 3 (Yamakawa 1982)。

埃及以感番茄黃化捲葉病毒病 (TYLCV) 的品種‘Castlerock’與耐病品種‘TH99806’嫁接‘*S. chilense* LA2779’、‘*S. habrochaites* LA1777’、‘*S. pennellii* LA716’、‘*S. pimpinelifolium* PI211804’等 4 種抗 TYLCV 根砧與感病根砧‘Moneymaker’，結果顯示嫁接抗 TYLCV 根砧的感病接穗品種‘Castlerock’病徵較嫁接感病的根砧品種輕微，初期產量與總產量較未嫁接對照高達 2.5–4 倍，但嫁接抗 TYLCV 根砧對耐 TYLCV 接穗品種‘TH99806’則無效果 (Mahnoud 2014)。

表 1. 不同番茄根砧品種對不同土壤病害在 15 天與 30 天苗齡的抗性反應

Table 1. Resistance levels of different tomato rootstock cultivars inoculated with different soil born diseases in 15 and 30 days seedling.

根砧品種	病原									
	F. oxysporum f. sp. *lycopersici* (FOL) 生理小種 2		*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) 生理小種 1		*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL)		*Rhizcotonia solani* 立枯病		*Veticillium dahlia* 黃萎病	
	15 天 [a]	30 天	15 天	30 天	15 天	30 天	15 天	30 天	15 天	30 天
He-Man	R[b]	R	PR	R	R	R	R	R	R	R
Maxfort	R	R	R	R	R	R	PR	R	R	R
Beaufort	HS	R	PR	R	R	R	PR	R	R	R
Unifort	S	R	R	R	R	R	PR	R	R	R
500267	S	R	R	R	R	R	PR	R	R	R
500292	HS	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Natalya	PR	R	R	R	R	R	S	PR	R	R
Spirit	HS	R	PR	R	R	R	PR	R	R	R
—[c]	HS	HS	HS	HS	HS	S	S	S	S	PR

[a] 植物接種時的苗齡。

[b] 抗性反應：抗 (R，發病指數：0-10)；部分抗性 (PR，發病指數：11-30)；感病 (S，發病指數：31-60) 與高感病 (HS，感病指數：61-100)。

[c] 感病番茄對照品種 ‘Cuore di bue’。

表 2. 日本番茄根砧品種對病害的抗性

Table 2. Resistance levels of Japan tomato rootstock cultivars inoculated with different diseases.

類型	根砧品種	青枯病 Bacterial Wilt	根褐腐病 Brown Root Rot	萎凋病 Fusarium Wilt	萎凋病 Fusarium Wilt (FORL)	黃萎病 Verticillium Wilt	根瘤線蟲 Nematode Root Knot	菸草嵌紋病毒 TMV
針對青枯病	BF Okitsul0l	0	×	0	×	×	×	×
	LS 89	0	×	0	×	×	×	×
	PFN	0	×	0	×	×	0	×
	PFNT	0	×	0	×	×	0	0
針對根褐腐病	KNVF Taibyo Shinko No.1	×	0	0	0	0	0	0
	KNVF Tm Signaal	×	0	0	0	0	0	0
	KCFT	×	0	0	0	×	×	0
	Kurogane	×	×	0	×	0	0	×

註：0：抗；×：感。

表 3. 番茄根砧與接穗抗菸草嵌紋病毒病 (TMV) 不同類型嫁接後反應
Table 3. Responses of different tomato grafting scion and rootstock inoculated with TMV.

根砧	接穗		
	感或抗 Tm 類型	抗 Tm-2 類型	抗 Tm-2ª 類型
感病或抗 Tm 類型	0	△[2)]	×[1)]
抗 Tm-2 類型[5)]	△[4)]	0	0
抗 Tm-2ª 類型[6)]	×[3)]	0	0

0 正常；×：不要嫁接；△：可能受損。
1) 當根砧感染 TMV，接穗產生嚴重系統性壞疽
2) 症狀類似 1，可能偶而發生
3) 接穗感染 TMV 造成生長停頓，有時會造成嫁接株萎凋
4) 症狀類似 3，可能偶而發生
5) KCFT, PFNT
6) KNVF-Tm-Signaal。

嫁接茄子根砧-熱帶亞熱帶新主張

溫帶地區番茄的黃萎病 (*Verticillium dahliae*)、萎凋病 (Fusarium Wilt) 與根褐腐病在台灣較少見，但青枯病卻是熱帶、亞熱帶低地與高地栽培番茄時的嚴重問題，另一個是淹水問題，這也是台灣或東南亞地區有別於溫帶地區的情境。

台灣就耐熱小番茄而言，約在 11 月中旬產量出來，批發價格由每公斤 100 元降至 40-50 元，隔年 4 月又上升約 70 元，但如果要在 11 月以前與 4 月以後生產耐熱小番茄，勢必面臨了除高溫外的淹水逆境問題，以及可能發生青枯病的問題。設施中常種高品質玉女小番茄，批發價格每公斤常高於 100 元，如何能穩定、長期生產高品質玉女小番茄是個挑戰，但在設施中，除了因連作可能遇到青枯病、線蟲問題外，光線不足，造成容易徒長，因而影響結果率與採收期，進而影響品質，若嫁接抗青枯病茄子根砧，可以解決上述的問題。

青枯病之危害在世界各熱帶、亞熱帶地區極為普遍。在中國，長江流域及以南地區造成茄子減產 20-30%，嚴重時達 50-60% (李等 2006)；在廣東地區田間茄子青枯病平均罹病率為 10-30%，嚴重時達 60% 以上 (佘等 2011)，是茄子栽培的一大挑戰(Li *et. al*. 1988; 封林林等 2000; 周運瑤等 2015)。華南地區青枯病普遍危害番茄產區，尤常見於大棚和連作田區，植株死亡率普遍在 10–40%間，嚴重者高達 80%，造成番茄減產 30% - 50%，甚至絕收(郭&莫 2009; 張素紅 2015)。在印

度番茄發生青枯病也很普遍，死亡率在 10% - 100%，造成 0 - 91 % 的產量損失 (Kishun 1987)。美國 Goth 等報告指出青枯病曾造成北加州茄子 50% 產量損失，菲律賓的呂宋島中部則因青枯病造成茄子 30-80% 產量損失 (Opina & Miller 2005)。在台灣，青枯病已是栽植茄科作物的一大限制因子，尤其是在台灣夏季的中南部地區，青枯病發生普遍，造成茄科作物的損失約可達每公頃新台幣五十萬元左右 (Hartman *et. al.* 1991)。

亞蔬中心曾以台灣各地收集的青枯病菌，評估抗青枯病茄子種原‘EG203’、番茄種原‘Hawaii 7996’、‘Hawaii 7998’、‘BF-Okitsu101’、‘CRA66’與感病種原‘L390’的抗感性，結果茄子種原‘EG203’對青枯病抗性優於其他番茄的抗病種原 (Lin *et al*. 2008)，番茄嫁接在抗青枯病的番茄根砧 Hawaii 7996 或 EG203，以未嫁接為對照，並比較有防雨設施或露天栽培的結果，分別於 7 月 15 日與 8 月 12 日定植，試驗期間遇到豪雨淹入設施內，未嫁接與嫁接 Hawaii7996 在 48 小時後大部份萎凋，兩次存活率分別為於 3.3、50.0%，而 EG203 表現較耐淹水，存活率介於 65-96.7% (AVRDC 2001)。以抗青枯病番茄 CL5915-206D 與感青枯病的 CHT501 為接穗，嫁接在 EG203，比較防雨設施內或無防雨設施的差別，結果因為雨水淹入設施，兩個品種共同結果顯示嫁接‘EG203’存活率介於 90-100%，優於未嫁接的 CL5915-206D (存活率介於 16-46%) 與 CHT501 (存活率 0%)，再次證明嫁接 EG203 較耐淹水 (AVRDC 2002)。

亞蔬推廣以防雨設施加上嫁接‘EG203’的技術推廣到菲律賓，以 4 個耐熱番茄品種嫁接 EG203 與未嫁接，比較在防雨設施與露天栽培，結果顯示防雨設施栽培，嫁接較未嫁接產量增加 40.8%，而露天栽培則嫁接較未嫁接產量增加 19.6%，設施較露天栽培平均產量增加 52.7% (AVRDC 2003)。

韓國以‘EG203’比較嫁接與未嫁接小番茄品種 yoyo 的效果，在 5 個農場未嫁接萎凋率介於 20-80%之間，嫁接‘EG203’萎凋率介於 2-5%之間，顯示嫁接對防治青枯病的效果顯著；但在 2010 年試驗萎凋率較低，嫁接番茄根砧與‘EG20’3 比較，嫁接番茄根砧在 4 個地點皆是果實較嫁接‘EG203’的果實數多 (Lee *et al*. 2013)。亞蔬中心將嫁接‘EG203’與‘Hawaii 7996’技術推廣到越南，由 2000 年至 2012 年期間，在高地的 Lam Dong 省成功推廣‘Hawaii 7996’，至 2012 年已達 6,500-7,000 公頃，使用率超過 90%，而在低地的 Red River Delta 則推廣嫁接‘EG203’，使用率到 2012 年已達 40%，而其使用的原因，除了青枯病外，非常重要的因素為耐淹水 (Genova

2013)。

目前台灣嫁接主要使用‘EG203’為根砧品種，但是在整齊性、產量與果實品質，尚有改善空間，所以鳳山分所著手進行鳳山 3 號–抗病雜交茄子根砧的育種工作。

鳳山 3 號茄子根砧

鳳山分所以茄子種原每代篩選青枯病抗性，經自交純化，母本與父本分別篩選四代與三代，雜交育成鳳山 3 號抗病茄子根砧。兩次接種青枯病，發病指數分別為 17.3%與 20.0%，皆屬抗病 (R) 等級，而抗病對照品種‘EG203’兩次接種的發病指數為 29.3% (MR) 與 38.0% (MR)。夏季，以農友公司的‘愛女’、欣樺種苗的‘夏日紅 6 號’與瑞成種苗的‘634’橘色小番茄為接穗，以未嫁接、鳳山 1 號、鳳山 2 號與鳳山 3 號為根砧，RCBD 三重複，每小區 10 株，種植於青枯病篩選留種田區，未嫁接皆因青枯病死亡，無產量，嫁接鳳山 3 號較嫁接鳳山 1 號與 2 號增產 29.2%與 42.2%；平均可溶性固形物鳳山 1 號、鳳山 2 號與鳳山 3 號分別為 5.7、6.0 與 5.9，差異不大；平均單果重 3 者分別為 8.0 公克、8.8 公克與 8.5 公克。

104 年夏天在信義豐丘地區，以和生種苗‘紅美’牛番茄為接穗，嫁接‘EG203’、‘鳳山 2 號’與‘鳳山 3 號’，CRD 二重複，小區採樣 20 株，第一次採收，嫁接‘鳳山 3 號’較嫁接‘EG203’產量增加 17.3%，且果實較大，後期因病毒病發生嚴重的影響，累計產量差異不大。

104 年夏天在高雄路竹地區，露天栽培，以抗 TYLCV 的橘色小番茄‘634’為接穗，嫁接‘EG203’、‘鳳山 3 號’、‘鳳山 4 號’，以未嫁接為對照，RCBD 二重複，每一小區定植 210-248 株，因二次颱風導致園區淹水，至 11 月 3 日未嫁接平均存活率僅 43.5%，而‘EG203’、‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’的平均存活率分別為 96.8%、97.5%與 99.1%，顯示茄子根砧耐淹水的特性明顯。未嫁接、嫁接‘EG203’、嫁接‘鳳山 3 號’與嫁接‘鳳山 4 號’，平均產量分別為 97.0 公斤、100.3 公斤、130.0 公斤與 97.5 公斤，‘鳳山 3 號’較‘EG203’增產 29.7%。

104 年秋天在嘉義六腳鄉，塑膠布溫室，以‘玉女’小番茄為接穗，根砧分別為‘EG203’、‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’，試驗結果三者的可溶性固形物介於 9.4~9.7 差異不大，但‘鳳山 3 號’較‘EG203’的果實較無皮渣感，累計 1.5 個月產量，‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’較‘EG203’分別增加 26.3%與 20.2%。

104 年 4 月 26 日在嘉義太保市，塑膠布溫室，以‘玉女’小番茄為接穗，根砧分別為‘EG203’、‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’，試驗結果三者的可溶性固形物分別為 7.6、7.7 與 7.2，差異不大，且三者皆有皮渣感，累計 1.5 個月產量，‘鳳山 3 號’較‘EG203’增產 9.8%，‘鳳山 4 號’較‘EG203’減產 1.9%。

104 年秋天在美濃，選擇前一年栽培茄子感青枯病的田區為試驗田，露天栽培，以‘麻糬茄’為接穗，分別進行未嫁接、嫁接‘EG203’、嫁接‘鳳山 3 號’與嫁接‘鳳山 4 號’等四種處理，每一小區約 100 株，RCBD 二重複。11 月 18 日第一次採收前調查，第一重複有青枯病發生，未嫁接有 48.1%感染青枯病，‘EG203’、‘鳳山 3 號’、與‘鳳山 4 號’分別為 5.0%、2.9%與 2.9%感染青枯病。12 月 9 日調查第一重複青枯病感染更嚴重，未嫁接、‘EG203’、‘鳳山 3 號’、與‘鳳山 4 號’，感染比率分別為 76.9%、36.0%、3.9%與 35.0%。10 株平均產量，未嫁接、嫁接‘EG203’、嫁接‘鳳山 3 號’與嫁接‘鳳山 4 號’分別為 47.0 公斤、67.4 公斤、97.4 公斤與 87.4 公斤，‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’分別較‘EG203’增產 44.5%與 29.7%，本次試驗突顯抗青枯病根砧在青枯病發病田區的應用價值。

綜合區域試驗結果，‘鳳山 3 號’與‘EG203’對青枯病抗性相若，介於抗~中抗間，嫁接後可溶性固形物也相若，皮渣感則無一致性，兩者皆具耐淹水的特性，最大的差別，則是‘鳳山 3 號’較‘EG203’增產。‘鳳山 3 號’目前已專屬授權勇壯育苗場，未來將推廣供農民使用。

結論

應用根砧栽培番茄，在溫帶地區應用廣泛，對番茄增產、果實增大、耐鹽、提高甜度、增加耐高溫逆境、抗番茄黃化捲葉病毒病 (TYLCV)、抗菸草嵌紋病毒病 (TMV)、抗 Fusarium 真菌萎凋病、抗 Verticillium 真菌萎凋病、抗根褐腐病、抗立枯病，抗線蟲，均已成功應用於產業。採用抗青枯病的茄子根砧在熱帶與亞熱帶地區，表現在抗青枯病與耐淹水上，效果顯著，顯然，在抗青枯病及耐淹水的需求下，茄子根砧優於番茄根砧。鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系與植保系合作育成‘鳳山 3 號’抗病雜交茄子根砧，除了具有抗青枯病與耐淹水的特性外，產量更較‘EG203’茄子根砧平均約增產 20%，今年已專屬授權勇壯育苗場，2017 年已生產嫁接苗，同時販售種子供產業應用，未來可減少農民損失，提高收益。

引用文獻

佘小漫、何自福、羅學梅、羅方芳。2011。廣東主要茄子品種對青枯病的抗性鑑定與評價。廣東農業科學 14:72–73,85。

李植良、黎振興、何自福、虞浩。2006。茄子資源苗期田間青枯病抗性鑑定。廣東農業科學 1:39–40。

周運瑤、裴月令、陳祖興、曾凡云、羅宏偉、郭建榮。2015。茄子嫁接砧木對青枯病的抗性評價。熱帶生物學報 6:153–157。

封林林、屈冬玉、金黎平、連勇。2000。茄子抗青枯病研究進展。中國蔬菜 2000(5):47–50。

郭堂勛、莫賤友。2009。番茄砧木品種材料抗青枯病接種鑑定試驗。廣西農業科學 40:250–252。

張素紅。2015。番茄砧木品種篩選試驗。福建農業科技 2015 年第 1 期：20–21。

AVRDC. 2002. AVRDC Report 2001. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan.

AVRDC. 2003. AVRDC Report 2002. AVRDC- the World Vegetable Center.nt Center, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Colla, P., G. Gilardi, and M. L. Gullinno. 2012. A review and critical analysis of the European situation of soilborn disease management in the vegetable sector. Phytoparasitica 40:515–523.

Cuartero, J., and R. Fernandez-Munoz. 1999. Tomato and salinity. Sci Hortic 78:83125.

Estan M. T., M. M. Martinez-Rodriguez, F. Perez-Alfocea, T. J. Flowers, and M. C. Bolarin. 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. J Exp Bot 56:703–712.

Flores F. B., P. Sanchez-Bel, M. T. Estan, M. M. Martinez-Rodriguez, E. Moyano, B. Morales, J. F. Campos, J. O. Garcia-Abellan, M. I. Egea, N. Fernandez-Garcia, F. Romojaro., and M. C. Bolarin. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. Sci Hortic 125:211–217.

Genova, C., Schreinemachers, P., and Afari-Sefa, V. 2013. An impact assessment of AVRDC's tomato grafting in Vietnam. AVRDC–The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. AVRDC Publication No. 13–773. 52 p. (Research in Action; no. 8)

Hartman, G. L., Hong, W. F., and Wang, T. C. 1991. Survey of bacterial wilt on fresh market hybrid tomatoes in Taiwan. Plant Protection Bulletin 33:197–203.

Higashide, T., K. I. Yasuba, K. Suzuki, A. Nakano., and H. Ohmori. 2012. Yield of Japanese tomato cultivars has been hampered by a breeding focus on flavor. Hort. Sci. 47:1408–1410.

Higashide, T., A. Nakano., and K. I. Yasuba. 2014. Yield and dry matter production of a Japanese tomato cultivar are improved by grafting onto a Dutch rootstock ‘Maxifort’ J. Japan. Soc. Hort. Sci. 83:235–243.

Kishun, R. 1987. Loss in yield of tomato due to bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Indian Phytopathology 40:152–55.

Lee, J. M., C. Kubota, S. J. Tsao, Z. Bie, P. Hoyos Echevarria, L. Morra, and M. Oda. 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. Sci.Hortic.127:93–105.

Lee M. H., Kim, J. K., Lee, H. K., Kim, K. J., Yu, S. H., Kim, Y. S., and Lee, Y. S. 2013. Reduction of bacterial wilt diseases with eggplant rootstock EG203-grafted tomatoes in the field trial. Res. Plant Dis. 19:108–113.

Li, H. P., Goth, R.W., and Barksdale, T. H. 1988. Evaluation of resistance to bacterial with in eggplant. Plant Dis. 72:437–439.

Lin, C. H., S. T. Hsu, K. C. Tzeng, and J. F. Wang. 2008. Application of a preliminary screen to select locally adapted resistant rootstock and soil amendment for integrated management of tomato bacterial wilt in Taiwan. Plant Dis. 92:909–916.

Michel, V., F. Verbeek., and M. Pugliese. Focus group soil-borne diseases mini-paper- success and failures of grafting against soil-borne pathogens. Eip-agri:1–5.

Mahmoud, A. M. A. 2014. Grafting as a tool to improve TYLCV-tolerance in tomato. J. Hort. Sci. & Ornamental Plants 6:109–115.

Opina, N. L., and Miller, S. A. 2005. Evaluation of immunoassays for detection of Ralstonia solanacearum, causal agent of bacterial wilt of tomato and eggplant in the Philippines. Acta Hort. 695:353–355.

Peet, M. M., and G. Welles. 2005. Greenhouse tomato production. In: Heuvelink E. (ed) Tomatoes. CABI. Publishing, Oxford, pp.257–304.

Rivero, R.M., J. M. Ruiz., and L. Romero. 2003. Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress? J Sci Food Agr 83:1315–1319.

Semiz, G.D., and D.L. Suarez. 2015. Tomato salt tolerance: Impact of grafting and water composition on yield and ion relations. Turk J Agric For 39:876–886.

Turhan A., N. Ozmen, M.S.Serbeci., and V.Seniz. 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. Hort. Sci. (Prague), 38:142–149.

Yamakawa, K. 1982. Use rootstocks in Solanceous fruit-vegetable production in Japan. JARQ 15:175–179.

Yassin, H., and S. Hussen. 2015. Review on role of grafting on yield and quality of selected fruit vegetables. Global Journal of Science Frontier Research 15:1–15.

Production of Tomato with Grafting Seedlings under Protected Cultivation

San-Tai Wang[1], Shiow-Huey Hseu[2,3]

Summary

According to FAOSTAT in 2014, global tomato production area reach 4.76 million ha, less than potato-19.2 million ha, but higher than pepper and chilli- 3.92 million ha and eggplant- 1.87 million ha. Protected cultivation of tomato in temperate area under suitable temperature could keep tomato plants vegetable growth and fruit setting with less diseases of bacterial spot, bacterial wilt, late blight and leaf mold. Hydroponic production or soil cultivation are used in tomato protected cultivation. In hydroponic production, grafting tomato could increase yield and fruit size. For increasing brix and flavor, salt would add in hydroponic solution, but reducing yield. Grafting with suitable tomato rootstock cultivar under salting hydroponic system could increasing yield and salt tolerance comparing with non-grafting tomato. Grafting with suitable tomato rootstock cultivar under soil cultivation system could overcome diseases of verticillium wilt, fusarium wilt, nematode root knot and southern blight. Scion and rootstock must have same resistance to tobacco mosaic virus (TMV), otherwise serious necrosis would be a problem in Japan research results. Grafting with different level of rootstock resistant to TYLCV would influence resistance of sensitive to TYLCV scion tomato cultivar. Verticillium wilt and fusarium were less happening in Taiwan, but bacterial wilt is still important limiting factor also in other sub-tropic or tropic area. Tomato rootstock cultivar coming from Europe were not resistant to bacterial wilt, Japan rootstock cultivars although have some degree resistant to bacterial wilt, but less than eggplant rootstock cultivars. Eggplant rootstock cultivar ‘EG203’ could overcome bacterial wilt and flooding in Taiwan. Eggplant rootstock cultivar ‘FTHES-3’ developing by Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI could not only overcome bacterial wilt and flooding, but also 20% higher yield than grafting tomato with ‘EG 203’. Hybrid eggplant rootstock cultivar ‘FTHES-3’ had licensed to seedling nursery, and will be produced and supplied seeds in 2017.

Key words: Tomato, Bacterial wilt, rootstock, Breeding.

---

1. Researcher and Head, Department of Vegetables, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
2. Researcher and Head, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: shhseu@fthes-tari.gov.tw; Tel:886-7-7310191ext 301.